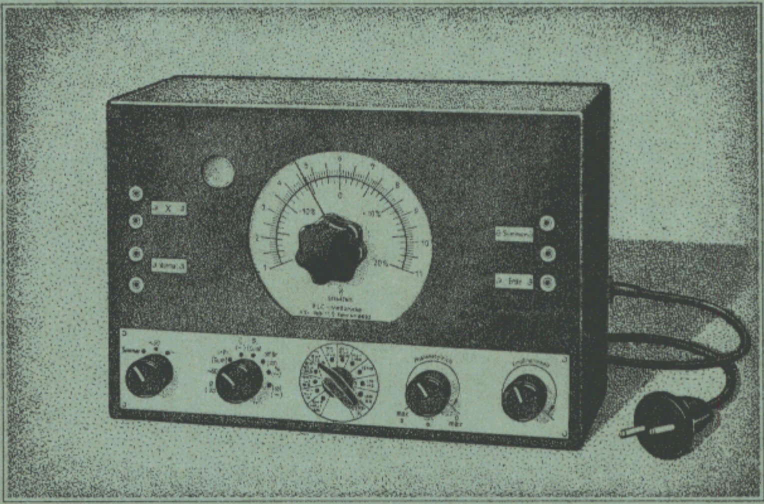
SIEMENS

RLC-MESSBRÜCKE

50 bis 10000 Hz und Gleichspannung · V 748.11/2



Beschreibung und Bedienung

SIEMENS

RLC-Meßbrücke

50 bis 10000 Hz und Gleichspannung

V 748.11/2

SIEMENS & HALSKE AG · WWF

ABTEILUNG FÜR VERSTÄRKERGERÄT

BERLIN-SIEMENSSTADT

I. Anwendung

Mit der RLC-Meßbrücke (Bild s. Außentitelseite) lassen sich Widerstände, Induktivitäten und Kapazitäten messen. Das Anwendungsgebiet umfaßt die Messung von Einzelteilen der Fernmelde- und Rundfunktechnik, wie Widerstände, Schwingkreisspulen, Hoch- und Niederfrequenz-Übertrager und -Drosseln, Lautsprechersysteme und Netzdrosseln, außerdem alle Arten von Kondensatoren einschließlich Elektrolytkondensatoren. Die vielseitige Verwendbarkeit der Meßbrücke gestattet z. B. bei Drosseln und Übertragern die Ermittlung von Induktivität, Wicklungs-Gleichstromwiderstand und Isolationswiderständen sowie bei Lautsprechern und Niederfrequenz-Übertragern die Messung von Anpassungswiderständen und Widerstandsübersetzungen. Eine weitere Anwendung ist die Messung der Leitfähigkeit von Elektrolyten. Die Meßbrücke eignet sich besonders für Prüffelder der Fernmeldetechnik, Laboratorien und Rundfunkwerkstätten.

In dem Gerät sind Meßstromquellen, Meßbrücke und Empfänger vereinigt. Die Betriebsspannungen werden dem Wechselstromnetz entnommen. Als Meßspannung stehen im Gerät wahlweise eine Wechselspannung (50 Hz) und eine Gleichspannung zur Verfügung. Für die Messung von Induktivitäten unter 100 mH, von Anpassungswiderständen im Tonfrequenzgebiet sowie für die Messung der Leitfähigkeit von Elektrolyten ist als Spannungsquelle ein Tonfrequenzsummer, z. B. der Schwebungssummer Rel sum 49, zu verwenden.

II. Elektrische Werte

Meßspannung

bei Benutzung der Spannungsquellen im Gerät
- 50-Hz-Wechselspannung . . . . etwa 1 V
- Gleichspannung . . . . etwa 3 V

bei Verwendung eines Summers von 50 bis 10 000 Hz
- höchste zulässige Summerspannung . . . . 30 V
- kleinste erforderliche Summerspannung . . . . . 10 V

Meßbereiche

1. „*R* (≂)“ für Widerstandsmessungen
   bei Verwendung der Meßfrequenz 50 Hz . . 0,1 Ω bis 10 MΩ
   bei Verwendung von Gleichspannung . . . 0,1 Ω bis 100 kΩ
   für Leitfähigkeitsmessungen von Elektrolyten
   bei Verwendung einer Meßfrequenz von 1000 Hz 0,1 μS bis 10 S
2. „*L* (~ 50)“ für Induktivitätsmessungen
   bei Verwendung der Meßfrequenz 50 Hz . . 100 mH bis 1000 H
3. „*L* × 0,1 (Sum.)“ für Induktivitätsmessungen
   bei Verwendung einer Meßfrequenz von 5 kHz 10 μH bis 100 mH

4. „C (~)" für Kapazitätsmessungen
bei Verwendung der Meßfrequenz 50 Hz . . 10 pF bis 1000 µF
Vom Meßergebnis sind 10 pF Anfangswert abzuziehen.

5. „$\mathfrak{R}$ (Sum.)" für die Messung von Anpassungswiderständen mit induktiver Komponente
bei Verwendung einer Meßfrequenz von 800 Hz 0,1 Ω bis 10 MΩ

6. „off. Br. (≂)" für Vergleichsmessungen an offener Brücke nach Anschluß des Meßlings X und des Normals N
bei Verwendung von Gleich- oder Wechselspannung . . . . $X = 0{,}1$ bis $1{,}1 \times N$
bzw. bis $10 \times N$

7. „% (≂)" für Vergleichsmessungen (Prozentskale)
bei Verwendung von Gleich- oder Wechselspannung . . . . . . $X = N - 20\,\%$ bis $N + 20\,\%$
für Kapazitäten ab 500 pF, für Widerstände bis 1 MΩ

8. „Isol. (—)" für Isolationsmessungen
mit Gleichspannung . . . . 10 bis 1000 MΩ

Meßunsicherheit:

Schalter S_2 in Stellung	R (≂)	L (~50)	Lx0,1 (Sum.)	C (~)	$\mathfrak{R}$ (Sum.)	off. Br (≂)	% (≂)	Isol. (-)
Meß-unsicherheit	3 %	3 %	4 %	3 %	10 %	2 %	5 %	10 %
Wenn Schalter S_3 auf kleinsten bzw. größten Meßbereich eingestellt	10 %	10 %	10 %	10 %	15 %	3 % bei Skalenanfang	—	—

Netzanschlußteil:

Netzspannung, umschaltbar . . . . 110 und 220 V
Netzfrequenz . . . . 40 bis 60 Hz
Leistungsaufnahme aus dem Netz . . . . etwa 15 VA
Sicherung für 110 V . . . . 400 mA
für 220 V . . . . 200 mA

III. Aufbau und Wirkungsweise

Die Meßeinrichtung setzt sich im wesentlichen aus drei Teilen zusammen: der aus vier Brückenzweigen bestehenden Brücke, dem Nullzweig (Brückendiagonale) mit Zerhacker, dem Meßbrückenverstärker und der Anzeigevorrichtung (Abstimm-Anzeigeröhre) sowie dem Netzanschlußteil, der die Betriebs- und Meßspannungen liefert.

Der Messung liegt das Brückenverfahren zugrunde (s. Bild 1). Der Meßling X und drei bekannte Widerstände r_1, r_2, r_3 werden in zwei Zweigen an eine Spannung U (an A und B) geschaltet. Dann wird durch Verändern der bekannten Widerstände diese Schaltung so abgeglichen, daß zwischen den Punkten C und D, den Endpunkten des Nullzweiges, keine Spannung besteht. Die Teilspannungen an X und r_3 sowie an r_1 und r_2 sind in diesem Falle gleich:

$$i_1 \cdot X = i_2 \cdot r_3$$

$$i_1 \cdot r_1 = i_2 \cdot r_2$$

Bildet man das Verhältnis der Teilspannungen, so fallen die Faktoren i_1 und i_2 weg:

$$\frac{X}{r_1} = \frac{r_3}{r_2}$$

Der unbekannte Wert ergibt sich demnach zu

$$X = r_1 \cdot \frac{r_3}{r_2}.$$

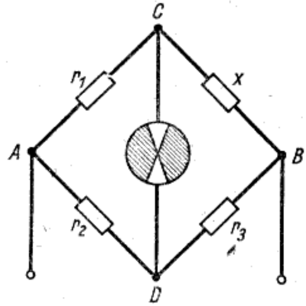


Bild 1. Brückenschaltung.

Die Genauigkeit der Brückenmessungen wird durch die Genauigkeit der Normale $r_1 \ldots r_3$ bestimmt und ist im Gegensatz zu der anderer Meßverfahren unabhängig von Schwankungen der Meßspannung und der Anzeigeempfindlichkeit. Die angegebene Schaltung ist als Wheatstone-Brücke bekannt. Kapazitätsmessungen werden mit Wechselspannung ausgeführt, wobei in der beschriebenen Brücke r_3 durch eine bekannte Kapazität C_N ersetzt wird. Induktivitätsmessungen werden ebenfalls mit Wechselspannung in einer Brückenschaltung ausgeführt, in der C_N an die Stelle von r_2 tritt (Maxwell-Brücke).

Bei Induktivitäts- und Kapazitätsmessungen rufen die Verluste des Meßlings eine Restspannung im Brückenausgang hervor, die die Einstellung des Spannungskleinstwertes stört und einer Empfindlichkeitsverminderung gleichkommt. Zur Beseitigung dieser Restspannung werden die Verluste des Meßlings mit einer Kapazität sowie Parallel- und Reihenwiderständen nachgebildet. Diese Verlustnachbildung wird als Phasenabgleich bezeichnet.

Isolationswiderstände werden nicht in einer Brückenschaltung, sondern nach einem Kompensationsverfahren gemessen. Zwei gegeneinandergeschaltete Stromkreise werden mit dem Drehwiderstand R_1 und dem Meßbereichschalter S_3 (s. Bild 4, Schaltauszug 8) so abgeglichen, daß an den Endpunkten des Nullzweiges gleiches Potential gegen Erde herrscht. Die jeweilige Einstellung von R_1 und S_3 bildet dann ein Maß für den Wert des Isolationswiderstandes.

Meßbrücke

Die Schaltauszüge in Bild 4 zeigen die sieben verschiedenen Brückenschaltungen (nach Wheatstone oder Maxwell). Die Schaltungen werden mit dem Schalter S_2 eingestellt.

Die Brücke wird grob in Zehnerfaktoren mit dem Bereichschalter S_3 und fein mit dem Brückenabgleich-Drehwiderstand R_1 abgeglichen. S_3 und R_1 bilden je einen Brückenzweig. Eine Anord-

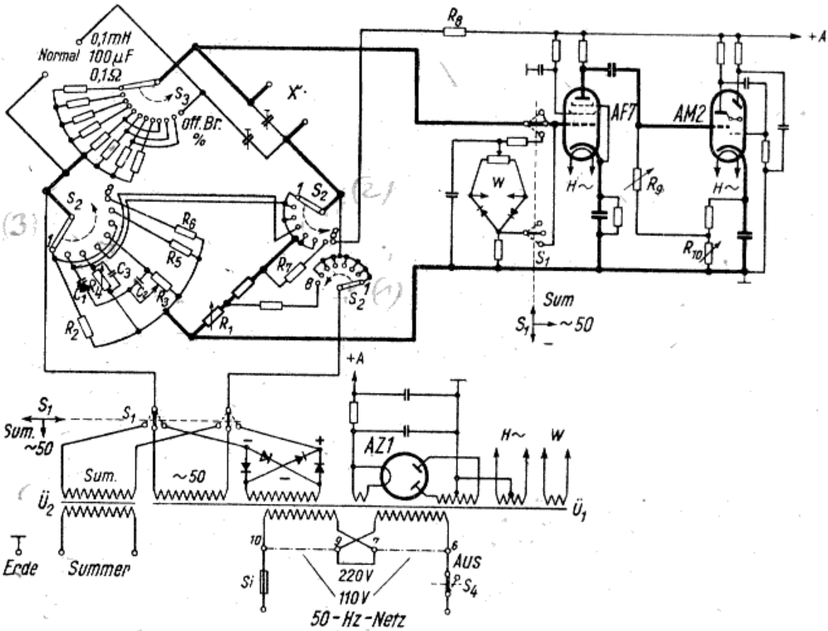


Bild 2. Schaltung der Meßbrücke

nung von festen Abgleichwiderständen R_2, R_5, R_6 sowie von Kondensatoren C_1 bis C_3 und der Meßling X bilden die beiden anderen Brückenzweige. Für den Phasenabgleich beim Auftreten großer Verlustwinkel, z. B. bei Spulen oder Elektrolytkondensatoren, sind die Drehwiderstände R_3 und R_4 vorgesehen. Nach Durchführung des Phasenabgleichs kann der Kleinstwert mit gesteigerter Anzeigeempfindlichkeit eingestellt werden.

Empfänger

Der Empfänger, der die Spannung zwischen den Endpunkten des Nullzweiges (dem Brückenausgang) anzeigt, besteht aus einer Verstärkerstufe (AF7), die die am Empfängerausgang etwa noch vorhandenen schwachen Spannungen verstärkt, und der Anzeigestufe

(AM2). Die Abstimmanzeigeröhre AM2 ist durch ihre Verwendung im Rundfunkempfänger zur Anzeige eines Spannungshöchstwertes bei der Abstimmung auf einen Sender bekannt. Sie wird jedoch im Gegensatz zur Anwendung im Rundfunkempfänger hier zur Beobachtung des Spannungskleinstwertes auf kleinsten Leuchtwinkel abgeglichen.

Da der Empfänger nur Wechselspannung anzeigt, wird bei Messungen mit Gleichspannung die Meßspannung im Brückenausgang in eine Wechselspannung umgeformt. Dies erfolgt durch einen ruhenden Wechselrichter W mit elektrisch gesteuerten Sperrschichtzellen. Die Steuerspannung (50 Hz) wird dem Netzteil entnommen.

Stromquellen

Das Gerät selbst liefert zwei Meßspannungen, und zwar eine Wechselspannung von etwa 1 V und eine gleichgerichtete Spannung von etwa 3 V, die über einen Trockengleichrichter geführt ist. Mit dem Umschalter S_1 kann wahlweise die 50-Hz-Wechselspannung oder die gleichgerichtete Spannung an die Brücke gelegt werden. Außerdem kann für einige Meßfälle (Messung kleiner Induktivitäten, $\mathfrak{R}$-Messungen, Vergleichsmessungen und Prozentmessungen) über das Buchsenpaar „Summer“ auch eine besondere Stromquelle, deren Frequenzen im Tonfrequenzbereich liegen und deren Spannung 10 bis 30 V betragen muß, angeschlossen werden. Diese Summerspannung wird zur Symmetrierung gegen Erde über den eingebauten Stromquellenübertrager $Ü_2$ geführt. Das Übersetzungsverhältnis des Übertragers ist so gewählt, daß eine Überlastung der Meßbrücke bei Summerspannungen bis zu 30 V nicht eintritt.

Die Betriebsspannungen für die wechselstromgeheizten Röhren liefert der eingebaute Netzteil. Die Anodenspannungen werden über die Doppelweg-Geichrichterröhre AZ1 geführt, die Heizspannungen an einer besonderen Heizwicklung abgenommen. Eine weitere Zweitwicklung des Netzübertragers liefert die Wechselrichter-Steuerspannung.

IV. Bedienung

Es ist darauf zu achten, daß die Einstellung des Netztransformators mit der Netzspannung übereinstimmt. Das Gerät ist für Netzanschluß 110 und 220 V eingerichtet. Der Transformator ist im Werk für eine Netzspannung von 220 V eingestellt. Bei einer Netzspannung von 110 V ist der Netztransformator, der nach Lösen der Befestigungsschrauben und Abheben der Rückwand zugänglich ist, umzuschalten. Dazu wird die Brücke zwischen den Lötösen 9 und 7 entfernt, und zwischen den Lötösen 10 und 9 sowie zwischen 7 und 6 werden neue Brücken eingelötet (s. Bild 2). Die beiden Teilwicklungen des Netztransformators liegen nun parallel, während sie bei

220 V Netzspannung in Reihe geschaltet sind. Dann ist das Gehäuse der Meßbrücke über die Buchse „Erde“ an eine Erdleitung anzuschließen. Nachdem die Verbindung mit dem Wechselstromnetz über die Netzanschlußleitung hergestellt ist, wird die Netzspannung durch eine kleine Rechtsdrehung des Empfindlichkeitsreglers R_9/S_4 eingeschaltet (s. Bild 3); ein Teil der Geräte hat einen von R_9 getrennten Netzschalter S_4 auf der Rückseite des Gerätes.

Das Aufleuchten der Abstimmanzeigeröhre AM2 zeigt an, daß das Gerät betriebsbereit ist. Darauf werden der Stromquellenschalter S_1 und der Schalter S_2, an dem die einzelnen Meßfälle eingestellt werden, entsprechend geschaltet. Die mit dem Schalter S_2 einstellbaren Meßschaltungen sind in der Reihenfolge der Schalterstellungen in Bild 4 in Auszügen dargestellt. Ihre Benutzung wird im einzelnen im Abschnitt „Meßbeispiele“ angegeben.

Beim Einsetzen einer neuen Anzeigeröhre AM2 ist auch ihr Arbeitspunkt einzustellen. Dazu wird die Erdbuchse mit der oberen Buchse von „X“ verbunden und bei voll aufgedrehtem Empfindlichkeitsregler R_9 mit dem Spannungsteiler R_{10} (nach Entfernen der Rückwand zugänglich, rechts oben, Schraubenzieherantrieb) auf 1 mm Leuchtstreifen eingestellt.

Störungen durch Spannungen der Netzfrequenz und Summerfrequenz

Da die Meßspannung nur etwa 1 V beträgt, muß vorwiegend bei der Messung von hochohmigen Widerständen, kleinen Kondensatoren und großen Induktivitäten darauf geachtet werden, daß keine kapazitiven und induktiven Kopplungen zwischen Meßling einschließlich Anschlußleitung und Teilen der Umgebung, die Netzspannung führen, auftreten. Soll z. B. bei der Messung einer Kapazität von 100 pF die Unsicherheit durch Kopplungen nur um 1 % erhöht werden, so darf bei einer Netzspannung von 220 V und der Meßspannung von 1 V die kapazitive Kopplung nur $0{,}5 \cdot 10^{-3}$ pF betragen. Damit die Kopplungen genügend klein gehalten werden, ist die Netzanschlußleitung nicht in der Nähe des Meßlings zu führen, und die Anschlußleitungen zum Meßling sind zu schirmen (Schirme erden). Bei der Messung von Spulen stören in hohem Maße die magnetischen Felder von Transformatoren und Maschinen. Eine magnetische Schirmung des Meßlings ist nur schwer möglich. Es ist deshalb ein fremdfeldfreier Meßort aufzusuchen. Genügende Kopplungsfreiheit ist vorhanden, wenn in Stellung „Summer“ von S_1 (Summer nicht angeschlossen) bei höchster Empfindlichkeit und angeschlossenem Meßling der Leuchtsektor nicht größer ist als bei gezogenen Anschlußleitungen oder abgeschaltetem Meßling.

Der allgemeine Meßvorgang, wie er sich für jede Meßart wiederholt, ist folgender:

Der Meßling wird an die mit „X" bezeichneten Buchsen angeschlossen. Ist die Meßgröße gänzlich unbekannt, so wird der Brückenabgleichwiderstand R_1 auf Skalenmitte gestellt und bei verringerter Empfindlichkeit (Drehwiderstand R_9 „Empfindlichkeit" nahe dem linken Anschlag) der Bereichschalter S_3, unter gleichzeitiger Beobachtung des Leuchtsektors der Anzeigeröhre AM2, von Stufe

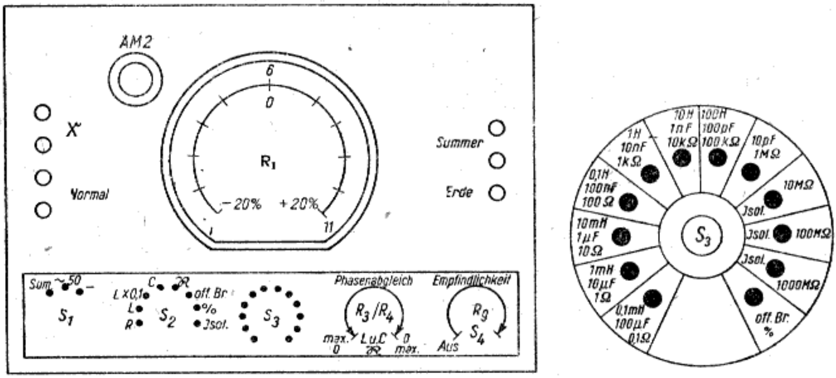


Bild 3. Beschriftung der Meßbrücke

zu Stufe durchgeschaltet. In der Stellung des Schalters S_3, bei der der Leuchtsektor am schmalsten ist, wird dann mit dem Brückenabgleichwiderstand R_1 auf geringste Breite des Leuchtsektors (Minimum) abgeglichen. Ist die Meßgröße „X" des Meßlings größenordnungsmäßig bekannt, so wird der Bereichschalter S_3 gleich auf den entsprechenden Meßbereich eingestellt. Dann wird mit dem Regler R_9 die Empfindlichkeit so weit gesteigert, bis eine scharfe Einstellung mit dem Drehwiderstand R_1 möglich ist.

Bei der Messung von Induktivitäten, z. B. von Spulen und Übertragern, sowie bei der Messung der Kapazität von Elektrolytkondensatoren und bei der Ermittlung von Anpassungswiderständen ist der Phasenabgleich-Regler R_3/R_4 ebenfalls zum Brückenabgleich zu benutzen. Für die Messung verlustarmer Kondensatoren bleibt R_3/R_4 am rechten Anschlag. (Bei der Bedienung des Phasenabgleich-Reglers ist folgendes zu beachten: für *L*- und *C*-Messungen liegt die Nullstellung rechts, das Maximum links, für $\mathfrak{R}$-Messungen gilt das umgekehrte.)

Bei der Messung kann durch Oberwellen der Meßspannung oder durch Oberwellen, die vom Meßling gebildet werden, eine Restspannung beim Brückenabgleich bestehenbleiben. In diesem Falle

darf die Empfindlichkeit nicht zu weit erhöht werden, da sonst eine Übersteuerung des Anzeigeteils auftritt, die mit einem erheblichen Abfall der Empfindlichkeit verbunden ist.

Meßbeispiele

Die Reihenfolge der nachstehend angeführten Meßbeispiele deckt sich mit der Folge der in Bild 4 gezeigten Schaltauszüge.

1a) Messung ohmscher Widerstände von 0,1 Ω bis 10 Ω

Der Schalter S_2 wird in Stellung „R" (linker Anschlag) gebracht. Der Stromquellenschalter S_1 wird auf „~50" oder, wenn Wicklungswiderstände von Spulen, Übertragern, Netztransformatoren oder Netzdrosseln gemessen werden sollen, auf „—" geschaltet. Nach Abgleich der Brücke beträgt der Meßwert R_x

$$R_x = \text{Abl. an } R_1 \cdot \text{Abl. an } S_3$$

(in Ω, kΩ oder MΩ je nach Stellung des Schalters S_3).

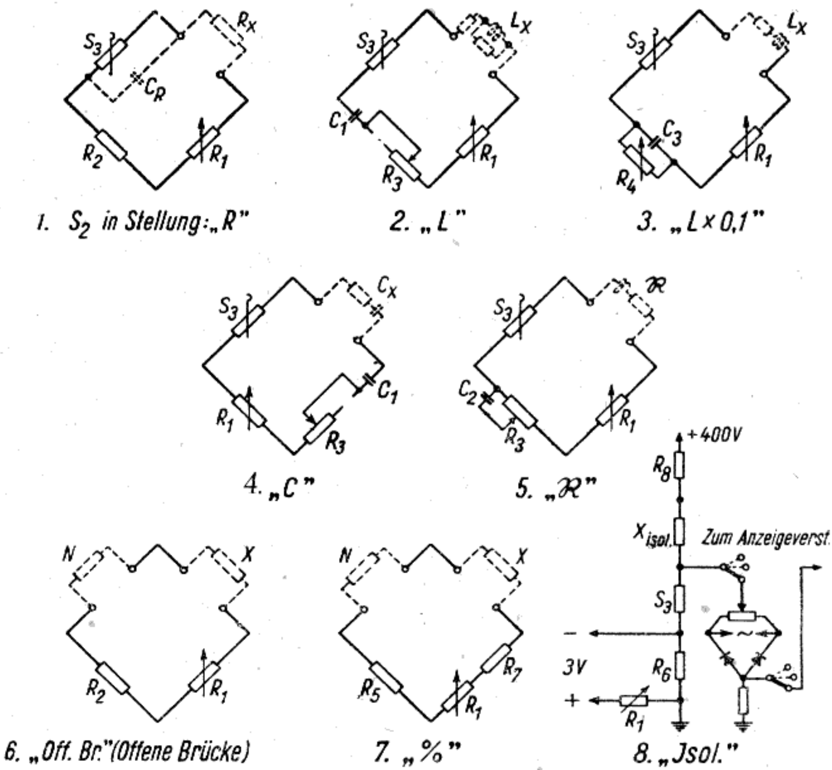


Bild 4. Schaltauszüge

1b) Messung der Leitfähigkeit von Elektrolyten

Auch hier wird in Stellung „R“ des Schalters S_2 gemessen. Die Meßspannung wird einem Summer entnommen. Der Schalter S_1 ist also in Stellung „Summer“ zu legen und der Summerausgang mit den entsprechend gekennzeichneten Buchsen zu verbinden. Als Meßfrequenz wird im allgemeinen die Frequenz 1000 Hz gewählt; bei sehr kleiner Polarisationskapazität C_p müssen gegebenenfalls höhere Meßfrequenzen benutzt werden. Für die Messung ohne Phasenabgleich ist die untere Meßgrenze für R durch das Anwachsen der kapazitiven Komponente, die von der Polarisationskapazität herrührt, und die obere Meßgrenze durch den gleichen Einfluß der Elektrodenkapazität C_e (s. Bild 5) gegeben.

Bei den vorwiegend auftretenden Größen von Polarisationskapazität C_p und Elektrodenkapazität C_e kann im Meßbereich von 10 bis $10^5\,\Omega$ ohne weiteres mit der erforderlichen Empfindlichkeit gemessen werden. Die Messung ergibt den reziproken Leitwert R_x. Der Leitwert beträgt also:

$$G_x = \frac{1}{\text{Abl. an } R_1 \cdot \text{Abl. an } S_3}$$

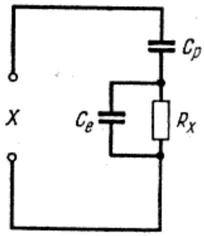


Bild 5.
Leitfähigkeits-Messung von Elektrolyten

1c) Messung von Widerständen mit großen kapazitiven Komponenten

Hierfür wird ein Phasenabgleich-Regelkondensator C_R zwischen die obere Buchse von „X“ und die untere Buchse „Normal“ geschaltet. Der Regelkondensator liegt dann parallel zu der Widerstandsanordnung S_3 (s. Bild 4, Schaltauszug 1). Der Winkel φ_x des Meßlings ergibt sich aus der Kapazität des Regelkondensators C_R, der Ablesung an S_3 und der Meßfrequenz f. Es gilt folgende Beziehung:

$$\text{tg}\,\varphi_x = 2\pi f \cdot C_R \cdot \text{Abl. an } S_3 \cdot 10$$

Dabei sind die Frequenz f in Hertz, die Kapazität C_R in Farad und die Ohmablesung an S_3 einzusetzen. Der erforderliche Kapazitätsbereich des Regelkondensators C_R ist im allgemeinen kleiner als 10 nF. Da veränderbare Kondensatoren mit einem so großen Kapazitätsbereich selten vorhanden sein werden, empfiehlt es sich, einen festen Kondensator bekannter Kapazität parallel zu dem Regelkondensator zu legen. Auf diese Weise wird man mit einigen Festkondensatoren verschiedenen Kapazitätswertes und einem Drehkondensator mit dem üblichen Kapazitätsbereich alle erforderlichen Kapazitäten einstellen können.

2. Messung von Induktivitäten von 0,1 bis 1000 H

Schalter S_1 wird auf „~ 50" und Schalter S_2 auf „L (~ 50)" gestellt. Nach Durchführung des Brückenabgleichs ergibt sich der Meßwert zu:

$$L_x = \text{Abl. an } R_1 \cdot \text{Abl. an } S_3 \text{ (mH oder H)}$$

Die Spannung am Meßling beträgt

$$U_L = \frac{\text{Abl. an } R_1}{32} \text{ (V)}.$$

Ergibt diese Spannung eine zu hohe magnetische Feldstärke beim Meßling, so wird zwischen untere Buchse „X" und obere Buchse „Normal" ein Drehwiderstand von 0 ... 10 Ω geschaltet, mit dem sich dann durch Regeln auf kleinere Werte die Spannung herabsetzen läßt. Die Meßspannung kann parallel zum Widerstand gemessen werden, oder sie wird bei bekannter Widerstandseinstellung errechnet nach

$$U_m = 1\text{ V} \frac{R_{\text{Regelwiderstand}}}{5\,\Omega + R_{\text{Regelwiderstand}}}$$

Über die Messung des Verlustwiderstandes von Spulen siehe unter Ziffer 5.

3. Messung von Induktivitäten 10 μH bis 100 mH

Ein auf die Frequenz 5000 Hz eingestellter Summer ist an die Buchsen „Summer" anzuschließen. Schalter S_1 wird auf „Summer" und Schalter S_2 auf „$L \times 0{,}1$ (Sum.)" gestellt.

Als Meßwert ergibt sich:

$$L_x = \text{Abl. an } R_1 \cdot \text{Abl. an } S_3 \cdot 0{,}1 \text{ (mH)}.$$

Bei einer Meßfrequenz von 5 kHz beträgt die Spannung am Meßling

$$U_L = \text{Summerspannung} \cdot \frac{1}{10} \cdot \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{3{,}2}{\text{Abl. } R_1}}} \text{ (V)}$$

4. Messung von Kapazitäten von 10 pF bis 1000 μF

Schalter S_1 wird auf „~ 50", Schalter S_2 auf „C (~)" gestellt. Nach Abgleich der Brücke ergibt sich als Meßwert:

$$C_x = \text{Abl. an } R_1 \cdot \text{Abl. an } S_3$$

(in μF, nF oder pF je nach Stellung des Schalters S_3).

Vom Meßwert sind 10 pF Anfangskapazität abzuziehen. Die Messungen von einpolig geerdeten Kapazitäten ist nicht möglich, da dies die Aufhebung der Gehäuseerdung erfordern würde, was mit Rücksicht auf sicheres Arbeiten der AM2-Röhre nicht zulässig ist.

5a) Messung von Anpassungswiderständen, Lautsprechersystemen und dgl. von 0,1 Ω bis 10 MΩ

Als Meßspannungsquelle ist ein Summer zu benutzen, dessen Ausgang mit dem Buchsenpaar „Summer" der Meßbrücke verbunden wird. Zur Messung ist die Frequenz 800 Hz einzustellen. Der Schalter S_2 wird in Stellung „ℜ (Sum.)" gebracht. In dieser Stellung wird der reelle Anteil (Wirkwiderstand, im folgenden R_a genannt) des Scheinwiderstands Z gemessen. Der Meßwert R_a ergibt sich wie bei dem unter 1 a beschriebenen Meßfall zu

$$R_a = \text{Abl. an } R_1 \cdot \text{Abl. an } S_3$$

Im allgemeinen wird R_a, z. B. bei Lautsprechersystemen, bei der Meßfrequenz 800 Hz fast gleich dem Scheinwiderstandsbetrag Z sein (Resonanzfall).

Liegt bei 800 Hz keine Resonanz vor, d. h. enthält der Scheinwiderstand noch eine größere induktive Komponente[1]), so kann der Scheinwiderstand $Z = \sqrt{R_a^2 + \omega^2 L^2}$ aus dem jeweiligen Wert von R_a und der Stellung des Phasenabgleich-Drehers R_3/R_4 (mit dessen Kapazität zur Nulleinstellung die induktive Phase des gegenüberliegenden Brückenzweiges „X" für diesen Fall abgeglichen werden muß) nach folgender Aufstellung ermittelt werden:

Stellung des Phasenabgleich-Drehers R_3/R_4	Scheinwiderstandsbetrag
am linken Anschlag	$1 \cdot R_a$
1/4-Drehung nach rechts	$1 \cdot R_a$
1/2-Drehung nach rechts	$1{,}04 \cdot R_a$
3/4-Drehung nach rechts	$1{,}2 \cdot R_a$
am rechten Anschlag	$1{,}5 \cdot R_a$

5b) Messen des Verlustwiderstandes von Spulen

Der Verlustwiderstand von Spulen (vor allem durch Hysterese- und Wirbelstromverluste verursacht) ist auf Grund einer Gleichstrommessung und einer Wechselstrommessung nach folgender Formel zu bestimmen:

$$R_{\text{verl}} = R_{\text{w}} - R_{\text{gl}}$$

Dabei bedeuten:

R_{verl} = Verlustwiderstand, R_{w} = Wirkwiderstand (reelle Komponente des Scheinwiderstands), R_{gl} = Gleichstromwiderstand.

6./7. Vergleichsmessungen in offener Brückenschaltung

Die Meßschaltungen 6 („off· Br. [~]") und 7 („% [~]") dienen zur Vergleichsmessung von ohmschen Widerständen und Scheinwiderständen gleicher Art, z. B. von zwei Kondensatoren.

---

[1]) Das ist immer der Fall, wenn die Nulleinstellung nicht ohne Benutzung des Phasenabgleichs durchgeführt werden kann.

Die Meßschaltung „offene Brücke" wird angewendet, wenn die beiden Meßgrößen bis zum Verhältnis 1 : 10 verschieden sind.

Zur schnellen Ermittlung kleinerer Abweichungen von einem Vergleichsnormal ist die Meßschaltung 7 („%") mit einem Meßbereich von — 20 % bis + 20 % vorgesehen. Diese Meßschaltung wird also dann benutzt, wenn die Abweichung des Meßlings vom Vergleichsnormal weniger als 20 % beträgt. Das Vergleichsnormal N, auf das die Messung bezogen werden soll, wird an die Buchsen „Normal" und der Meßling X, dessen Abweichung von N gemessen werden soll, an die Buchsen „X" angeschlossen. Dieser Anschluß gilt allerdings nur für Vergleichsmessungen von Widerständen und Induktivitäten; für die Messung von Kapazitäten müssen „X" und „N" vertauscht werden. Über die Wahl der jeweiligen Meßfrequenz für die verschiedenen Normale siehe Ziffer 2 und 3. Für den Vergleich von Kapazitäten ist die 50-Hz-Wechselspannung im Gerät zu wählen.

Zur Herstellung der richtigen Meßschaltung sind folgende Schaltereinstellungen vorzunehmen:

Schalter S_1 wird auf „~ 50" oder „—" oder „Summer",
Schalter S_2 wird auf „off. Br. ($\eqsim$)" oder „% ($\eqsim$)" gestellt,
Schalter S_3 ist in Stellung „off. Br., %" zu bringen.

Der Brückenabgleich ist mit dem Drehwiderstand R_1 vorzunehmen.

Der Meßwert beträgt dann für die Meßschaltung „offene Brücke":

Für den Fall 1, daß X gleich bis 10mal kleiner ist als N
(Meßling an den Buchsen X, Normal an den Buchsen N):

$$\text{Meßwert } X = \text{Abl. an } R_1 \cdot 0{,}1 \cdot \text{Wert des Normals.} \qquad (1)$$

Ist X größer als N (Fall 2), so ist X an die Buchsen N und N an die Buchsen X anzuschließen. Der Meßwert beträgt dann:

$$\text{Meßwert } X = \frac{10}{\text{Abl. an } R_1} \cdot \text{Wert des Normals.} \qquad (2)$$

Die Gleichungen für den Meßwert X gelten allgemein, wenn der Wert des Normals N je nach Charakter in Ohm, Henry und $\frac{1}{\text{Farad}}$ eingesetzt wird. Um die Rechnung zu vereinfachen, wird man möglichst bei ohmschem und induktivem Normal die Anschaltung nach Fall 1 wählen und bei kapazitivem Normal die Anschaltung nach Fall 2. Für die Gleichung (2) kann man dann schreiben

$$\text{Meßwert } X = \text{Abl. an } R_1 \cdot \text{Wert des Normals.} \qquad (3)$$

8a) Isolationsmessungen

Der Meßling wird an die Buchsen „X“ angeschlossen. S_1 wird in Stellung „—“, S_2 in Stellung „Isol. (—)“ gebracht. An der unteren Buchse des Buchsenpaares „X“ liegt der Pluspol der Meßspannung über einen Schutzwiderstand $R_8 = 1\,\text{M}\Omega$. Der Wert von R_8 ist bei kleinen Isolationswiderständen vom Meßwert abzuziehen. Die Messung von einpolig geerdeten Isolationswiderständen ist nicht möglich, da dies die Aufhebung der Gehäuseerdung erfordern würde. Die Brücke wird mit S_3 durch Umschalten in eine der zwei für Isolationsmessungen vorgesehenen Stellungen 10 MΩ, 100 MΩ und dem Drehwiderstand R_1 abgeglichen. Der Meßwert beträgt dann:

$$R_{\text{isol}} = \text{Abl. an } R_1 \cdot \text{Abl. } S_3 \text{ (in M}\Omega\text{)}.$$

8b) Isolationsmessung an Kondensatoren

Bei der Isolationsmessung an Kondensatoren können Netzspannungsschwankungen die Minimumeinstellung erschweren bis unmöglich machen. Deshalb werden Isolationsmessungen an Kondensatoren, deren Kapazität über 0,05 μF beträgt, zweckmäßig mit einer Batteriespannung (400 V) ausgeführt. Der Pluspol der Batterie ist über den Meßling an die obere Klemme von X anzuschließen. (Damit ist der Stromweg für die 400-V-Netzgleichspannung unterbrochen.) Der negative Pol der Anodenbatterie wird an Erde gelegt. Die untere Klemme von X bleibt frei. Als Spannungsquelle ist eine Reihenschaltung von Anodenbatterien geeignet.

Beträgt die Spannung 400 V, so ergibt sich der Meßwert aus der oben angeführten Beziehung. Ist die Batteriespannung U_B kleiner als 400 V, so ergibt sich der Isolationswiderstand zu

$$R_{\text{isol}} = \frac{U_B}{400} \cdot \text{Meßwert}$$

Weicht bei Isolationsmessungen mit Netzspannung die Netzspannung von der Einstellung des Netztransformators auf 110 oder 220 V um $\pm k\,\%$ ab, so ist der ermittelte Isolationswiderstand R_{isol} mit dem Faktor

$$\frac{1}{1 + \frac{k}{100}}$$

zu multiplizieren.

V. Zubehör, Maße und Gewichte

Gegenstand	Bezeichnung	Abmessungen in mm	Gewicht etwa kg	Listen-Nr.
RLC-Meßbrücke (50 bis 10000 Hz und Gleichspannung)	V 748.11/2	320 × 225 × 130	7	105 152
Zubehör:				
1 Röhre	AF 7	—	—	106 939
1 Abstimmanzeigeröhre . .	AM 2	—	—	106 994
1 Gleichrichterröhre	AZ 1	—	—	106 940
3 Sicherungen (2 als Ersatz)				
200 mA für 220 V	0,2/250 DIN 41 571	Ø 5 × 20	—	108 439
400 mA für 110 V*)	0,4/250 DIN 41571	Ø 5 × 20	—	108 441
1 Tonfrequenz-Wechselstromquelle *) z. B. Schwebungssummer (30 bis 20000 Hz) m. Zubehör	Rel sum 49	320 × 225 × 210	11	107 609
1 Präzisions-Drehkondensator*) 40 bis 1000 pF . . .	—	—	—	—
Röhrchen-Kondensatoren*)				
1000 pF	—	—	—	—
2000 pF	—	—	—	—
3000 pF	—	—	—	—
4000 pF	—	—	—	—

*) nach Bedarf

2491,5. 3989

W. Büxenstein GmbH., Berlin SW 61. ICB 1046.

SIEMENS

Siemens & Halske Aktiengesellschaft

4 0 5 0 5 7 – 5 0 0 16 – 7 9 0 6

Rechnung

(Als Quittungsvermerk gilt der Kassenstempel)

Achtung! Bestellung mit Blaubogen durchschreiben!

Menge	Gegenstand	Lagervermerk (Gewicht, Menge, Typ)	Einzelpreis DM	Einzelpreis Pf	Gesamtpreis DM	Gesamtpreis Pf
1	RLC Meßbrücke					
	Schrottwert				5	–
					5	–

den 28. April 1965

Stark umrahmten Raum füllen Lager und Verkaufsstelle aus!

Eigenhändige Unterschrift (Vor- und Zuname): [illegible]

Hausanruf: 5990

Werk- und Dienststelle: ZL Lab 922

280 28APR'65

Lieferndes Konto: 005.00 Summe 17620

Liefernde Stelle: ZL Vieweg

005.00 Summe

Wiederverkauf verboten

SIEMENS & HALSKE
AKTIENGESELLSCHAFT
Standortverwaltung München H
Privatverkaufsstelle